

Instabilité d'écoulement de streaming d'un fluide viscoélastique

Seyed-Amir Bahrani¹, Maxime Costalonga¹, Laurent Royon² & Philippe Brunet¹

¹ Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, UMR 7057 CNRS, Université Paris Diderot, Paris, France.

² Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain, UMR 8236 CNRS, Université Paris Diderot, Paris.

seyed-amir.bahrani@univ-paris-diderot.fr

Nous étudions les écoulements secondaires (streaming) générés par oscillations d'objets immergés dans un fluide [1]. Ces écoulements sont similaires au streaming acoustique induit par les ondes sonores dans un fluide. Un tel phénomène est appelé *Rayleigh streaming*, d'après l'étude pionnière de Rayleigh [2], et apparait dans les écoulements incompressibles. Le streaming résulte de la création de vorticité dans une couche limite visqueuse d'épaisseur $\delta = \frac{2\nu}{\omega}$ (ν : viscosité cinématique, ω : fréquence de l'oscillation) autour du corps oscillant. C'est cet écoulement visqueux incompressible du premier ordre (dont la valeur moyenne est nulle sur une période), qui produit l'écoulement secondaire, le terme inertielle du second ordre en vitesse induisant alors des forces en volume effectives de valeur moyenne non nulle. Lighthill [3] a modélisé ces forces de volume comme résultant du stress de Reynolds au niveau de la couche limite, induites par la quantité de mouvement acoustique non nulle moyenne sur une période. En conséquence, des vortex stationnaires sont générés à l'intérieur et à l'extérieur de la couche limite par continuité des contraintes visqueuses, le signe de la vorticité étant opposé entre couche interne et externe, ainsi que pour les vortex voisins. L'écoulement externe (outer streaming) a une échelle typique égale à celle de l'objet vibré, mais peut aussi être ressenti à des distances bien plus importantes lorsque l'amplitude de vibration est suffisamment élevée. Un tel écoulement a des applications potentielles dans l'homog n sation et le mélange des fluides, dans l'intensification du transfert de chaleur ainsi dans le tri de particules ou dans le pompage de fluide en microfluidique.

La géométrie modèle étudiée est un cylindre oscillant harmoniquement ($\omega = 5$ à 100 Hz), perpendiculairement à son axe, dans un fluide de hauteur très supérieure au diamètre du cylindre d et à celle de la couche limite δ . Tandis que la plupart des études ont jusqu'à présent été effectuées avec des fluides Newtoniens, notre étude cherche à comprendre l'influence de la viscoélasticité du fluide. En effet, les différentes applications sus-citées nécessitent souvent l'utilisation de fluides complexes. Les quelques études existantes [4] font état d'un changement radical de l'écoulement : les vortex externes sont remplacés par des vortex internes (de sens opposés) et d'épaisseur beaucoup plus grande que dans le cas Newtonien correspondant ; un peu comme si la couche limite avait envahi une zone plus large que l'objet et pris la place de la couche externe. Nos expériences reproduisent cette "inversion de sens des vortex", que nous étudions quantitativement par Particle Image Velocimetry PIV, nous donnant accès au champs de vitesse de streaming, à la cartographie de vorticité correspondante mais aussi à l'écoulement au 1^{er} ordre dans une certaine mesure. Nous observons aussi des comportements inédits à plus haute fréquence ($\omega > 50$ Hz) : progressivement, l'écoulement à 2 paires de vortex est remplacé par un écoulement plus complexe où 4 paires de vortex sont observées. Cette instabilité de forme de l'écoulement secondaire change son mode et remplace par un écoulement quasi-chaotique pour des amplitudes plus fortes. L'intention principale de ce travail est comprendre l'influence de la non-linéarité de la loi de comportement rhéologique sur le développement de l'écoulement streaming. On attend ainsi un autre source de non linéarité purement rhéologique, en compétition avec non-linéarité hydrodynamique. Nos résultats mettent donc en évidence l'effet de la rhéologie viscoélastique, par une comparaison systématique avec un cas purement Newtonien.

Références

1. N. Riley, *Annu. Rev. Fluid Mech.*, **33**, 43-65 (2001).
2. Lord Rayleigh, *Philos. Trans. R. Soc. London*, **175**, 1-21 (1884).
3. J. Lighthill, *J. Sound Vib.*, **61**, 391-418 (1978).
4. C. F. Chang and W. R. Schowalter, *Nature*, **252**, 686-688 (1975).